

⑫

# DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 12.09.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 19.03.93 Bulletin 93/11.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : AEROSPATIALE Société Nationale  
Industrielle — FR.

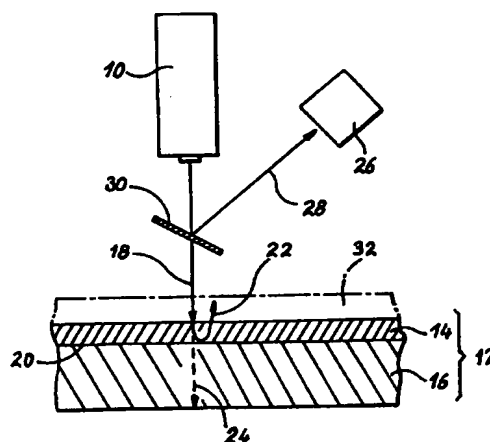
⑦2 Inventeur(s) : Baudinaud Vincent, Jolys Pascal et  
Lagain Philippe.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Brevatome.

⑤4 Procédé de contrôle de l'adhérence d'un revêtement sur un substrat d'impédance acoustique différente de celle du revêtement.

⑤7 Afin de contrôler l'adhérence d'un revêtement (14) sur un substrat (16), on soumet un échantillon (12) à des chocs laser successifs en l'irradiant au moyen d'un laser mono-impulsion (10), dont on augmente progressivement la puissance, jusqu'à l'obtention d'un décollement local du revêtement (14). La valeur de la puissance de l'impulsion produisant le décollement local détermine un seuil de décollement du revêtement. Le décollement local est repéré par un système ultrasonore de contrôle d'épaisseur, mis en œuvre après chaque impulsion laser. Une couche de confinement (32), placée sur l'échantillon (12), amplifie la puissance de l'onde créée par les impulsions reçues par ce dernier. Après décollement du revêtement, une observation de la zone superficielle du substrat qui portait ce revêtement permet éventuellement de connaître les causes d'une mauvaise adhérence et, par conséquent, de corriger la technique de dépôt.



FR 2 681 427 - A1



BEST AVAILABLE COPY

PROCEDE DE CONTROLE DE L'ADHERENCE D'UN REVETEMENT SUR  
UN SUBSTRAT D'IMPEDANCE ACOUSTIQUE DIFFERENTE DE CELLE  
DU REVETEMENT.

DESCRIPTION

- 5 L'invention concerne un procédé permettant  
de contrôler l'adhérence d'un revêtement sur un subs-  
trat, lorsque les deux matériaux présentent des impédan-  
ces acoustiques différentes, en déterminant avec préci-  
sion un seuil de décollement du revêtement.
- 10 Un tel procédé peut être utilisé pour contrô-  
ler des pièces dans lesquelles le substrat comme le  
revêtement déposé sur ce substrat sont réalisés en des  
matériaux qui peuvent être quelconques, pourvu que leurs  
impédances acoustiques soient sensiblement différentes.
- 15 Ainsi, le substrat peut être constitué par un métal,  
un alliage métallique, un matériau composite, etc..  
Le revêtement peut également être constitué par un métal  
ou un alliage métallique, ou encore par une peinture,  
une matière plastique, etc..
- 20 Une méthode utilisée de façon classique pour  
contrôler l'adhérence d'un revêtement sur un substrat  
consiste à soumettre une éprouvette de la pièce à  
contrôler à un essai de flexion. Au cours de cet essai,  
on place les extrémités de l'éprouvette en appui sur
- 25 des supports et on applique sur la partie centrale un  
effort de flexion dont on augmente progressivement la  
valeur jusqu'à la cassure ou le décollement du revête-  
ment. Selon la valeur de l'effort conduisant à cette  
cassure ou à ce décollement, on estime que l'adhérence
- 30 du revêtement est satisfaisante ou non, pour l'applica-  
tion envisagée.
- Si ce procédé de contrôle est relativement  
facile à mettre en œuvre, il a pour inconvénient majeur  
de ne fournir aucune information sur l'origine de la
- 35 mauvaise adhérence du revêtement, lorsque cette adhé-

rence est considérée comme insuffisante. En effet, la structure du substrat est modifiée de façon irréversible par l'essai de flexion, de sorte qu'elle n'est plus représentative de la structure présentée initialement  
5 par ce substrat dans la zone superficielle sur laquelle était déposé le revêtement. Lorsque l'adhérence du revêtement est insuffisante, cette méthode de contrôle classique ne fournit donc aucune information permettant de modifier la technique de dépôt pour tenir compte des  
10 causes de cette mauvaise adhérence.

Par ailleurs et comme l'illustre notamment le document FR-A-2 641 718, il est connu de nettoyer la surface de monuments, de meubles, ou d'objets solides, par exemple en verre, en acier ou en céramique, en uti-  
15 lisant un laser impulsif de puissance, à impulsions courtes, dont on focalise le faisceau sur la surface à nettoyer. Un tel nettoyage peut notamment permettre de débarrasser les objets traités de leur revêtement de peinture ou de vernis. Cependant, ce procédé n'est  
20 pas adapté au contrôle de l'adhérence d'un revêtement sur un substrat, puisqu'il a pour effet de détruire le revêtement en le brûlant ou en le vaporisant, en dirigeant sur l'objet un train d'impulsions dont la puissance réglable, et les effets mécaniques induits ne sont  
25 pas connus avec précision.

Il est également connu, comme l'illustre notamment le document US-A-3 850 698, de résorber les contraintes présentes dans une pièce métallique en soumettant cette pièce à un choc laser au moyen d'un laser  
30 mono-impulsion de forte puissance. Pour accroître l'efficacité, une couche de confinement en un matériau transparent au rayonnement laser, tel que du verre ou de l'eau, est placée sur la face avant de la pièce. Cette couche permet de confiner la vapeur ou le plasma  
35 créé pendant l'interaction de l'impulsion laser avec la pièce, en l'empêchant de se détendre. Cependant, ce

document n'envisage à aucun moment d'utiliser un tel choc laser pour contrôler l'adhérence d'un revêtement sur un substrat.

L'invention a précisément pour objet un procédé original de contrôle de l'adhérence d'un revêtement sur un substrat, qui permet de déterminer avec précision le seuil de décollement du revêtement, tout en laissant pratiquement intacte la surface du substrat portant initialement le revêtement, ce qui permet de connaître, par une observation ultérieure de cette surface, l'origine éventuelle d'une mauvaise adhérence et, par conséquent, de corriger la technique de dépôt utilisée, si nécessaire.

Conformément à l'invention, ce résultat est obtenu au moyen d'un procédé de contrôle de l'adhérence d'un revêtement sur un substrat ayant une impédance acoustique différente de celle du revêtement, caractérisé par le fait qu'il consiste à irradier une interface entre le revêtement et le substrat par une impulsion laser unique de puissance connue, et à répéter cette opération avec des impulsions laser de puissance croissante, jusqu'à un décollement local du revêtement, de façon à détecter un seuil de décollement de ce revêtement correspondant à la puissance de l'impulsion laser produisant le décollement local.

On comprend qu'en appliquant sur la pièce des chocs laser successifs avec une puissance qui va en augmentant, il est possible de connaître avec précision la puissance de l'impulsion laser produisant le décollement, qui correspond au seuil de décollement du revêtement.

Etant donné qu'un décollement local du revêtement n'est pas forcément décelable à l'œil nu, on repère de préférence ce décollement local en inspectant l'interface revêtement-substrat après chaque impulsion

laser, au moyen d'un système ultrasonore.

Le procédé de contrôle d'adhérence selon l'invention a pour avantage essentiel de laisser intacte la structure du substrat au voisinage de la surface sur laquelle était initialement déposé le revêtement. Une observation de cette surface, après le décollement complet du revêtement, permet donc d'analyser les causes d'une adhérence insuffisante et d'y remédier en modifiant la technique de dépôt.

Pour permettre le décollement complet du revêtement facilitant cette observation, une nouvelle impulsion laser est dirigée sur la pièce après un décollement local du revêtement.

De préférence et conformément aux enseignements du document US-A-3 850 698, chacune des impulsions laser est dirigée sur l'interface au travers d'une couche de confinement réalisée en un matériau transparent à cette impulsion, afin que les chocs créés par le faisceau laser de forte densité de puissance soient aussi élevés que possible.

Le laser mono-impulsion utilisé pour irradier la pièce est choisi de préférence afin que la durée de chacune des impulsions soit comprise entre environ 1 nanoseconde et 1 microseconde et pour que la puissance de crête soit comprise entre environ  $10^7$  et  $10^{11}$  W/cm<sup>2</sup>.

Selon le cas et notamment selon la nature du matériau formant le revêtement, les impulsions laser sont dirigées soit vers la face extérieure du revêtement, soit vers une face extérieure du substrat opposée au revêtement.

On décrira maintenant, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation préféré de l'invention en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de côté, en coupe partielle, illustrant schématiquement une installation

permettant d'appliquer un choc laser sur une pièce comportant un substrat recouvert d'un revêtement, afin de contrôler l'adhérence de ce dernier conformément à l'invention ; et

- 5           - les figures 2A à 2D sont des vues en coupe schématique illustrant les principales étapes de mise en œuvre du procédé selon l'invention, dans un mode préférentiel de mise en œuvre de ce procédé.

10           Comme l'illustre très schématiquement la figure 1, l'invention repose sur l'utilisation d'un laser mono-impulsion 10 apte à engendrer des chocs laser d'intensité connue sur une pièce 12, pour contrôler, sur un échantillon 12 d'une pièce donnée, l'adhérence d'un revêtement 14 sur un substrat 16. Comme on l'a déjà mentionné, ce procédé peut être utilisé quelle que soit  
15           la nature des matériaux constituant le revêtement 14 et le substrat 16, à la condition que l'impédance acoustique des deux matériaux soit différente. L'efficacité du procédé selon l'invention est d'autant plus grande  
20           que la différence entre les impédances acoustiques des deux matériaux est élevée.

          Le laser mono-impulsion 10 utilisé conformément à l'invention est un appareil apte à émettre une impulsion laser de très courte durée (comprise entre  
25           environ 1 ns et 1  $\mu$ s), et de forte puissance de crête (comprise entre environ  $10^7$  et  $10^{11}$  W/cm<sup>2</sup>). De telles performances peuvent notamment être obtenues avec un laser mono-impulsion tel qu'un laser TEA CO<sub>2</sub> ou un laser à solides ou à excimères de forte puissance de crête.

30           Lorsqu'une telle impulsion laser 18 est dirigée sur la surface extérieure du revêtement 14, comme l'illustre la figure 1, ou sur la surface du substrat 16 opposée au revêtement 14, perpendiculairement à cette surface, un choc laser est appliqué sur l'échantillon.  
35           Compte tenu de la différence d'impédance acoustique

entre le revêtement 14 et le substrat 16, une partie de l'onde de choc est réfléchiée par l'interface 20 entre le revêtement 14 et le substrat 16, comme le symbolise la flèche 22 sur la figure 1. Le reste de l'impulsion  
5 est au contraire transmis au travers de l'interface 20 au substrat 16 comme le symbolise la flèche 24.

La partie 22 de l'impulsion laser réfléchiée par l'interface 20 a pour effet d'exercer sur le revêtement 14 une force locale d'arrachement de ce revêtement,  
10 dont on comprend qu'elle peut conduire au décollement du revêtement si elle dépasse un seuil de décollement caractéristique de l'adhérence du revêtement sur le substrat 16.

Le procédé selon l'invention consiste à irradier l'échantillon 12 à contrôler par des impulsions laser uniques, de puissance connue, dont on augmente progressivement la valeur, jusqu'à ce que la force d'arrachement exercée par la partie réfléchiée 22 de l'impulsion laser sur le revêtement 14 soit suffisante pour  
20 provoquer un décollement local de ce revêtement.

Comme l'illustre très schématiquement la figure 1, la connaissance de la puissance de chacune des impulsions émises par le laser 10 est obtenue au moyen d'un calorimètre 26 vers lequel est déviée une très  
25 faible partie 28 de l'impulsion laser incidente 18 (par exemple, 0,5 ou 1 %) au moyen d'une lame 30 à faces parallèles placée dans le trajet de l'impulsion laser incidente 18, entre le laser 10 et l'échantillon 12.

Avantageusement, on amplifie la puissance de chacune des impulsions laser reçues par l'échantillon 12 en plaçant sur la surface de celui-ci tournée vers le laser 10, c'est-à-dire sur la surface extérieure du revêtement 14 dans le mode de mise en œuvre représenté sur la figure 1, une couche de confinement 32, réalisée  
35 en un matériau transparent aux impulsions délivrées par

le laser 10, tel que du verre ou de l'eau. Cette couche de confinement 32 a pour effet de confiner la vapeur ou le plasma créé pendant l'interaction de l'impulsion laser avec l'échantillon 12, en l'empêchant de se détendre. L'effet de l'impulsion laser sur l'échantillon 12 s'en trouve ainsi amplifié, ce qui permet d'aboutir au résultat recherché en utilisant un laser mono-impulsion tel que ceux qui ont été cités précédemment à titre d'exemples.

10 En variante, la couche de confinement 32 peut être supprimée si l'on utilise un laser de plus forte puissance ou si le seuil de décollement que l'on désire mesurer est très bas.

Comme on l'a représenté schématiquement sur la figure 2A, le contrôle de l'adhérence du revêtement 14 sur le substrat 16 s'effectue, selon le principe qui vient d'être décrit en se référant à la figure 1, en irradiant l'échantillon par une impulsion laser unique 18 sensiblement perpendiculaire à l'interface 20 et dont la puissance, inférieure au seuil de décollement envisagé, est mesurée à l'aide du calorimètre 26. On répète ensuite cette opération avec des impulsions laser dont la puissance augmente progressivement, jusqu'à ce qu'un décollement local 34 du revêtement 14 soit observé. La puissance de l'impulsion laser produisant ce décollement local, qui est mesurée par le calorimètre 26, correspond au seuil de décollement du revêtement 14.

Etant donné qu'il est souvent très difficile de repérer visuellement un décollement local du revêtement 14, chaque irradiation de l'échantillon 12 par une impulsion laser 18 est de préférence suivie d'une inspection de l'échantillon à l'aide d'un système apte à détecter un décollement local 34, tel qu'un système ultrasonore 36, comme l'illustre la figure 2B. Ce type d'inspection permet de déterminer avec une précision



supérieure à 20 % le seuil de décollement du revêtement 14.

Lorsque le seuil de décollement mesuré en mettant en œuvre le procédé qui vient d'être décrit est inférieur au seuil de décollement désiré et même, dans certains cas, lorsque le seuil de décollement mesuré est satisfaisant, il est très utile d'effectuer une observation superficielle du substrat 16 dans la zone d'interface avec le revêtement 14. En particulier, dans le cas d'un seuil de décollement trop faible, cette observation peut permettre d'expliquer la mauvaise adhérence du revêtement et, par conséquent, d'en améliorer la technique de dépôt.

Une telle observation, qui n'était pas possible avec les procédés de contrôle d'adhérence existants, devient possible avec le procédé de contrôle selon l'invention. En effet, la zone superficielle 40 du substrat, sur laquelle repose le revêtement 14, ne subit pas de modification de structure sous l'effet des chocs laser qui sont appliqués à la pièce jusqu'au décollement du revêtement.

Comme l'illustre la figure 2C, pour permettre d'effectuer cette observation de la zone superficielle 40 du substrat 16 lorsqu'un décollement local 34 du revêtement 14 est intervenu, on soumet la pièce 12 à une nouvelle impulsion laser 18' dont la puissance peut être la même que la dernière impulsion laser qui a servi à produire le décollement local 34 ou, de préférence, légèrement supérieure. Sous l'effet de cette nouvelle impulsion laser, le revêtement 14 se décolle totalement du substrat 16. Il peut donc être retiré, comme l'illustre la flèche 38 sur la figure 2D, dénudant ainsi la surface 40 du substrat 16 qui portait auparavant le revêtement 14.

La surface 40 peut alors être observée soit

visuellement, soit à l'aide d'appareils tels que des microscopes permettant des visions agrandies de la structure superficielle du substrat, comme on l'a représenté schématiquement en 42 sur la figure 20.

5 Des essais effectués sur des échantillons, formés d'un substrat en TA6V portant un revêtement de carbure de tungstène déposé selon différentes techniques, ont permis de différencier ces échantillons, en mesurant leurs seuils de décollement correspondant à  
10 la densité de puissance de crête de l'impulsion laser provoquant un décollement local de revêtement, exprimée en watts par  $\text{cm}^2$ . En effet, il existe un écart important entre l'impédance acoustique  $Z \approx 2,2 \cdot 10^6 \text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$  du TA6V et l'impédance acoustique  $Z \approx 7,8 \cdot 10^6 \text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$   
15 du carbure de tungstène.

Pour réaliser ces essais, on a utilisé un laser déclenché verre-neodyme, de type impulsionnel, délivrant dans l'air et à la pression atmosphérique des impulsions de longueur d'onde  $\lambda = 1,06 \text{ m}$ , de durée  
20 égale à 30 ns, d'énergie réglable entre 1 et 60 joules et dont le diamètre d'impact était compris entre 9 mm et 20 mm. Ainsi, des densités de puissance de crête réglables entre  $10^8 \text{ W/cm}^2$  et  $10^{11} \text{ W/cm}^2$  pouvaient être obtenues. On utilisait par ailleurs une couche de confinement placée sur l'échantillon.  
25

L'évaluation du décollement était faite au moyen d'un système de contrôle à ultrasons portable, mesurant l'épaisseur de l'échantillon. Tant que le décollement n'était pas réalisé, l'épaisseur mesurée  
30 correspondait à l'épaisseur totale de l'échantillon (revêtement + substrat). En cas de décollement, seule l'épaisseur du revêtement était mesurée.

Des échantillons obtenus selon une première technique de dépôt (par jet de plasma) ont ainsi été  
35 testés pour des revêtements de  $50 \mu\text{m}$  (échantillons

PL 50) et de 100  $\mu\text{m}$  (échantillons PL 100). Des échantillons obtenus selon une technique de dépôt améliorée ont aussi été testés pour des revêtements de 50  $\mu\text{m}$  (échantillons JK 50) et de 100  $\mu\text{m}$  (échantillons JK 100).

5 Les seuils de décollement suivants ont été mesurés :

- éprouvettes PL 50 : entre 2,5 et 4,9  $10^8 \text{ W/cm}^2$
- éprouvettes PL 100 : environ 3,5  $10^8 \text{ W/cm}^2$
- éprouvettes JK 50 : environ 6,5  $10^8 \text{ W/cm}^2$
- 10 - éprouvettes JK 100 : environ 5,5  $10^8 \text{ W/cm}^2$

Ces résultats indiquent :

- un niveau de décollement beaucoup plus faible avec la première technique de dépôt qu'avec la technique améliorée ;
- 15 - des seuils voisins pour les échantillons PL 50 et PL 100 (dépôts d'épaisseur 50  $\mu\text{m}$  et 100  $\mu\text{m}$ ) selon la première technique ; l'épaisseur de dépôt ne serait donc pas un paramètre très influent ; cette remarque peut aussi être faite avec la technique de dépôt
- 20 amélioré (épaisseur 50  $\mu\text{m}$ , seuil  $\approx 6,5 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$  ; épaisseur 100  $\mu\text{m}$ , seuil  $\approx 5,5 \cdot 10^8 \text{ W/cm}^2$ ).

L'observation de la zone superficielle initialement recouverte par le revêtement a ensuite permis de comprendre certains phénomènes qui expliquent les

25 différences d'adhérence relevées, ce qui n'était pas possible avec les procédés de contrôle d'adhérence existants.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de contrôle de l'adhérence d'un revêtement (14) sur un substrat (16) ayant une impédance acoustique différente de celle du revêtement, caractérisé par le fait qu'il consiste à irradier une interface (20) entre le revêtement et le substrat par une impulsion laser unique (18) de puissance connue, et à répéter cette opération avec des impulsions laser de puissance croissante, jusqu'à un décollement local (34) du revêtement, de façon à détecter un seuil de décollement de ce revêtement correspondant à la puissance de l'impulsion laser produisant le décollement local.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on inspecte l'interface revêtement-substrat (20) après chaque impulsion laser, afin de repérer ledit décollement local (34).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on inspecte l'interface revêtement-substrat (20) au moyen d'un système ultrasonore (36).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'après un décollement local (34) du revêtement, on dirige une nouvelle impulsion laser sur l'interface revêtement-substrat, de façon à décoller totalement le revêtement (14) du substrat (16), pour permettre une observation superficielle de ce dernier à l'emplacement de l'interface (20).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on dirige chaque impulsion laser (18) sur l'interface au travers d'une couche de confinement (32) réalisée en un matériau transparent à ladite impulsion.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on utilise des impulsions laser (18) de durée comprise entre

environ 1 ns et 1  $\mu$ s, pour une densité de puissance de crête comprise entre environ  $10^7$  et  $10^{11}$  W/cm<sup>2</sup>.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'on crée une  
5 onde de choc se propageant à l'interface (20) entre le revêtement (14) et le substrat (16) en dirigeant les impulsions laser successives sur une face extérieure du revêtement (14).

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'on crée une  
10 onde de choc se propageant à l'interface (20) entre le revêtement (14) et le substrat (16) en dirigeant les impulsions laser successives sur une face extérieure du substrat (16) opposée au revêtement (14).

FIG. 1

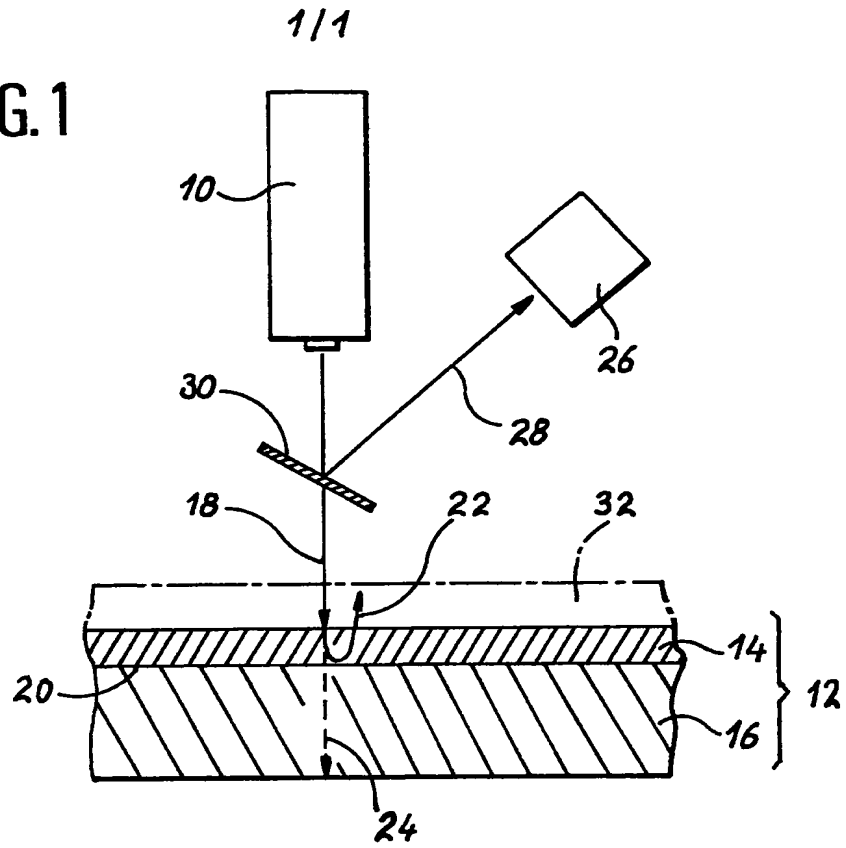


FIG. 2A

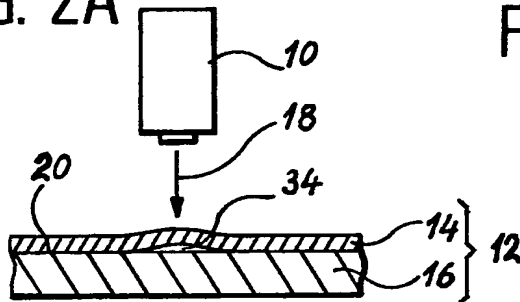


FIG. 2B

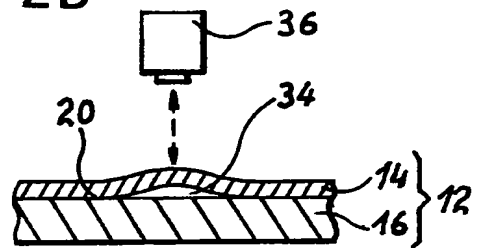


FIG. 2C

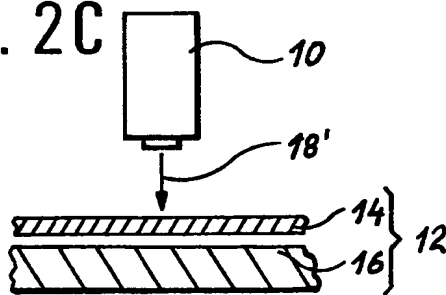
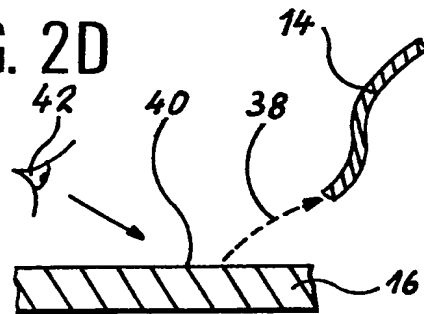


FIG. 2D



INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9111267  
FA 463695

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US-A-3 605 486 (N.C. ANDERHOLM ET AL.) * colonne 3, ligne 56 - colonne 4, ligne 67 * * colonne 5, ligne 14 - ligne 28; figures 1-4 *	1,2,5-8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 398 (P-1097)28 Août 1990 & JP-A-2 150 764 ( MITSUBISHI HEAVY INDUSTRY LTD. ) 11 Juin 1990 * abrégé *	1-3
X	WORLD PATENTS INDEX LATEST Section EI, Week 8734, Derwent Publications Ltd., London, GB; Class S, AN 87-240623/34 & SU-A-1 280 498 ( LENINGRAD CELL-PAPER INS ) 30 Décembre 1986 * abrégé *	1,2,6-8
X	JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY vol. 13, no. 1, Janvier 1976, WOODBURY NY, US pages 38 - 39; A.W. STEPHENS ET AL.: 'Measurement of interfacial bond strength by laser spallation' * le document en entier *	1,2,4,8
A	US-A-4 538 462 (J.J. HARTOG ET AL.) * colonne 2, ligne 63 - colonne 3, ligne 11 *	1-3
A	WORLD PATENTS INDEX LATEST Section EI, Week 8821, Derwent Publications Ltd., London, GB; Class S, AN 88-146389/21 & SU-A-1 348 719 ( PAPIROV I.I. ) 30 Octobre 1987 * abrégé *	
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
25 MAI 1992		HODSON C.M.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons * : membre de la même famille, document correspondant</p>		

Sept. 20, 1971

N. C. ANDERHOLM ET AL

3,605,486

METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING ADHESION OF MATERIAL BONDS

Filed Jan. 21, 1970

FIG. 1

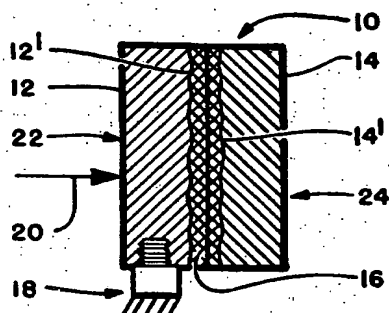


FIG. 3

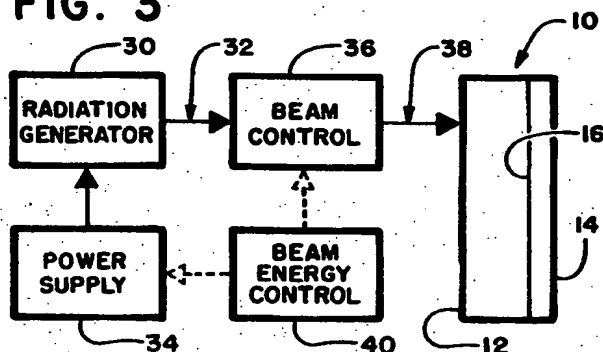


FIG. 2a

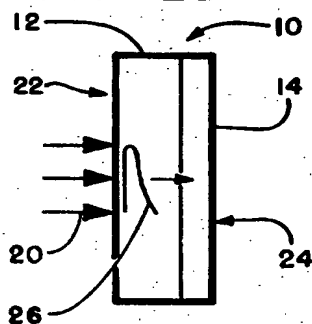


FIG. 2b

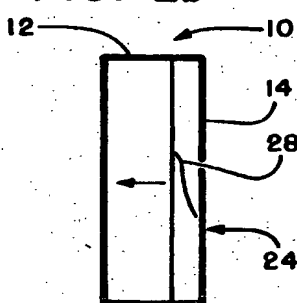


FIG. 2c

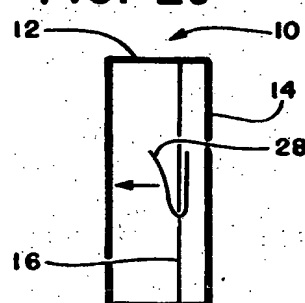


FIG. 4

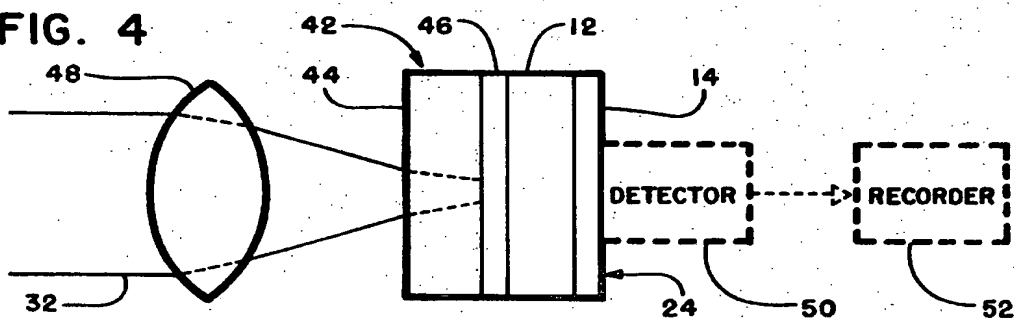
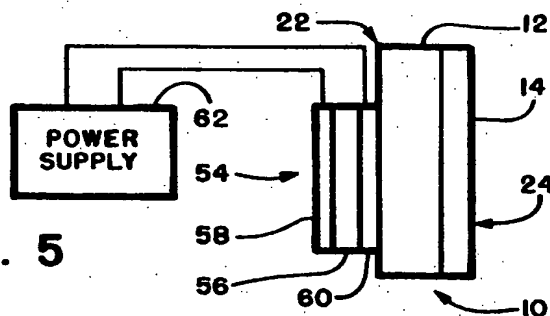


FIG. 5



INVENTORS  
NORDIN C. ANDERHOLM  
ALBERT GOODMAN

BY

*Albert Goodman*  
Attorney



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**